

東海第二発電所	工事計画審査資料
資料番号	補足-340-13 改 28
提出年月日	平成 30 年 8 月 6 日

工事計画に係る補足説明資料

耐震性に関する説明書のうち

補足-340-13 【機電分耐震計算書の補足について】

平成 30 年 8 月

日本原子力発電株式会社

1. 炉内構造物への極限解析による評価の適用について
2. 設計用床応答曲線の作成方法及び適用方法
3. 建屋－機器連成解析モデルの時刻歴応答解析における振幅マージンの考慮について
4. 機電設備の耐震計算書の作成について
5. 弁の動的機能維持評価について
6. 動的機能維持の詳細評価について（新たな検討又は詳細検討が必要な設備の機能維持評価について）
7. 原子炉格納容器の耐震安全性評価について
8. 制御棒の挿入性評価について
9. 電気盤等の機能維持評価に適用する水平方向の評価用地震力について
10. 大型機器，構造物の地震応答計算書の補足について

下線：ご提出資料

## 2. 設計用床応答曲線の作成方法及び適用方法

## 目 次

1. はじめに	1
2. 設計用床応答曲線の作成方法	1
3. 設計用床応答曲線の適用方法	1
3.1 設計用床応答曲線の適用について	1
3.2 耐震計算に用いる耐震評価条件の設計上の考慮について	4

参考 床応答スペクトル固有周期計算間隔について

添付 1 機器・配管系の耐震設計における剛柔判定を行う固有周期について

添付 2 設計用床応答曲線の作成点について

添付 3 機器・配管系の耐震評価に用いる床応答スペクトルについて

下線：本日まで提出資料

## 機器・配管系の耐震評価に用いる床応答スペクトルについて

## 1. はじめに

設計用床応答曲線<sup>(注1)</sup>は、建物・構築物及び土木構造物の詳細設計が完了した解析モデルを適用した地震応答解析結果を用いて作成する。東海第二発電所においては、設計用床応答曲線が作成される前に設備評価用床応答曲線を設定し、機器・配管系の設備設計及び工事計画の耐震計算を実施している。

本資料では、各建物・構築物及び土木構造物における設計用床応答曲線及び設備評価用床応答曲線の作成方法について述べる。

(注1) 本資料では、床面の最大加速度 (ZPA) を含めた総称として説明する。

## 2. 床応答スペクトルの作成方法について

機器・配管系評価における耐震評価条件とする、設計用床応答曲線及び設備評価用床応答曲線の作成方法について整理した。また、下記説明の全体を整理した床応答スペクトルの作成方法を表1に示す。

## 2.1 建物・構築物

## (1) 設計用床応答曲線

建物・構築物の地震応答解析モデルの諸元設定の考え方については、建物・構築物の地震応答解析についての補足説明資料 補足-400-3【地震応答解析における材料物性のばらつきに関する検討】(以下「建物・構築物の補足説明資料」という。)にて整理されている(表1参照)。設計用床応答曲線の作成は、「建物・構築物の補足説明資料」に基づく、基本ケースを適用し、建屋剛性はコンクリート強度として設計基準強度、補助壁非考慮とし、地盤物性は標準地盤を用いた地震応答解析結果を適用する。

## (2) 設備評価用床応答曲線

機器・配管系の評価については、設備設計に要する期間と建物・構築物の設計進捗状況を考慮して、以下のどちらか一方を設備評価用床応答曲線として適用する。なお、基本的にb.を適用することとするが、耐震計算にて余裕を確保する場合は、a.を適用する。

## a. 設計用床応答曲線及びばらつきケースの床応答曲線を包絡した床応答曲線

(1) 項で設定した設計用床応答曲線及び「建物・構築物の補足説明資料」に基づく、地盤物性の変動による影響及び建屋剛性の変動による影響(以下「ばらつきケース」という。)を考慮した床応答曲線を包絡した床応答曲線を設定する。本設定に基づく、設備評価用床応答曲線のイメージを図2に示す。

## b. (1) 項で設定した設計用床応答曲線及びばらつきケースを考慮した床応答曲線

を保守側に包絡できるように余裕を確保した床応答曲線として、建物・構築物の設計進捗に応じて以下のとおり適用する。

b-1 基本ケースの加速度に一律 1.5 倍した床応答曲線

既設建物・構築物は、地震応答解析モデルが従前より定まっていることから、機器・配管系の設備評価を行う際には、設計上の配慮として設計用床応答曲線の加速度を 1.5 倍した床応答曲線を設定する。本設定に基づき、設備評価用床応答曲線のイメージを図 3 に示す。

b-2 設計用床応答曲線及びばらつきケースを保守側に包絡できるように余裕を確保した床応答曲線

新設建物・構築物に設置する機器・配管系の設備評価を行う際には、建物・構築物の設計進捗状況を考慮して、個別に余裕を確保した床応答曲線を設定する。本設定に基づき、設備評価用床応答曲線のイメージを図 4 に示す。

(3) 拡幅考慮

設計用床応答曲線及び設備評価用床応答曲線ともに周期軸方向に 10%の拡幅を行う。ただし、ばらつきケースの地震応答解析結果を用いて作成した床応答スペクトルについては、拡幅は考慮しない。

表 1 建物・構築物の床応答スペクトルの作成ケース  
「建物・構築物の補足説明資料 表 4-1 検討ケース」

	モデル名称	建屋剛性		地盤物性
		コンクリート強度	補助壁	地盤のせん断波速度
基本ケース	工認基本モデル	設計基準強度	非考慮	標準地盤
地盤物性の変動による影響	地盤物性+ $\sigma$ 考慮モデル	設計基準強度	非考慮	標準地盤+ $\sigma$ 相当
	地盤物性- $\sigma$ 考慮モデル			標準地盤- $\sigma$ 相当
建屋剛性の変動による影響	建屋剛性考慮モデル	実強度	考慮	標準地盤

## 2.2 土木構造物

### (1) 床応答スペクトル

土木構造物の地震応答解析に用いる解析モデルの適用方針については、工事計画に係る補足説明資料「耐震性に関する説明書のうち補足-340-8【屋外重要土木構造物の耐震安全性評価】（以下「土木構造物の補足説明資料」という。）にて整理されている（図1参照）。設計用床応答曲線の元となる床応答スペクトルは、「土木構造物の補足説明資料」に基づき以下の解析ケースにより算定する。

- ・原地盤において非液状化の条件を仮定した検討ケース⑤（以下「検討ケース⑤（基本ケース）」という。）
- ・敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した検討ケース④（以下「検討ケース④」という。）
- ・地盤物性のばらつきを考慮（+1 $\sigma$ ）して非液状化の条件を仮定した検討ケース⑥（以下「検討ケース⑥」という。）

### (2) 設備評価用床応答曲線

機器・配管系の評価については、設備設計に要する期間と土木構造物の設計進捗状況を考慮して、以下の何れかを設備評価用床応答曲線として適用する。

#### c. 余裕を確保した設備設計用床応答曲線

(1) 項で算定した床応答スペクトルを震度軸方向に余裕を確保した床応答曲線を、設備評価用床応答曲線として設定する。本設定に基づく、設備評価用床応答曲線のイメージを図5に示す。

#### d. 保守側に包絡できるように余裕を確保した設備評価用床応答曲線

(1) 項で設定した床応答スペクトルを保守側に包絡できるように余裕を確保した設備評価用床応答曲線として、個別に設定する。本設定に基づく設備評価用床応答曲線のイメージを図6に示す。

### (3) 設計用床応答曲線の設定

(2) c. 項に基づき設定した設備評価用床応答曲線を、設計用床応答曲線として設定する。

なお、土木構造物の設計進捗により地震応答解析モデルが変更となった場合は、設備設計に要する期間を考慮し、変更前の設備評価用床応答曲線について、変更後の床応答スペクトルが、下記(4)項の拡幅分の余裕をもって包絡されていることを確認した上で、設計用床応答曲線として設定する。

### (4) 拡幅考慮

設計用床応答曲線及び設備評価用床応答曲線ともに周期軸方向に10%の拡幅を行う。ただし、ばらつきケースとして設定した「検討ケース④」及び「検討ケース⑥」については、拡幅を考慮しない。

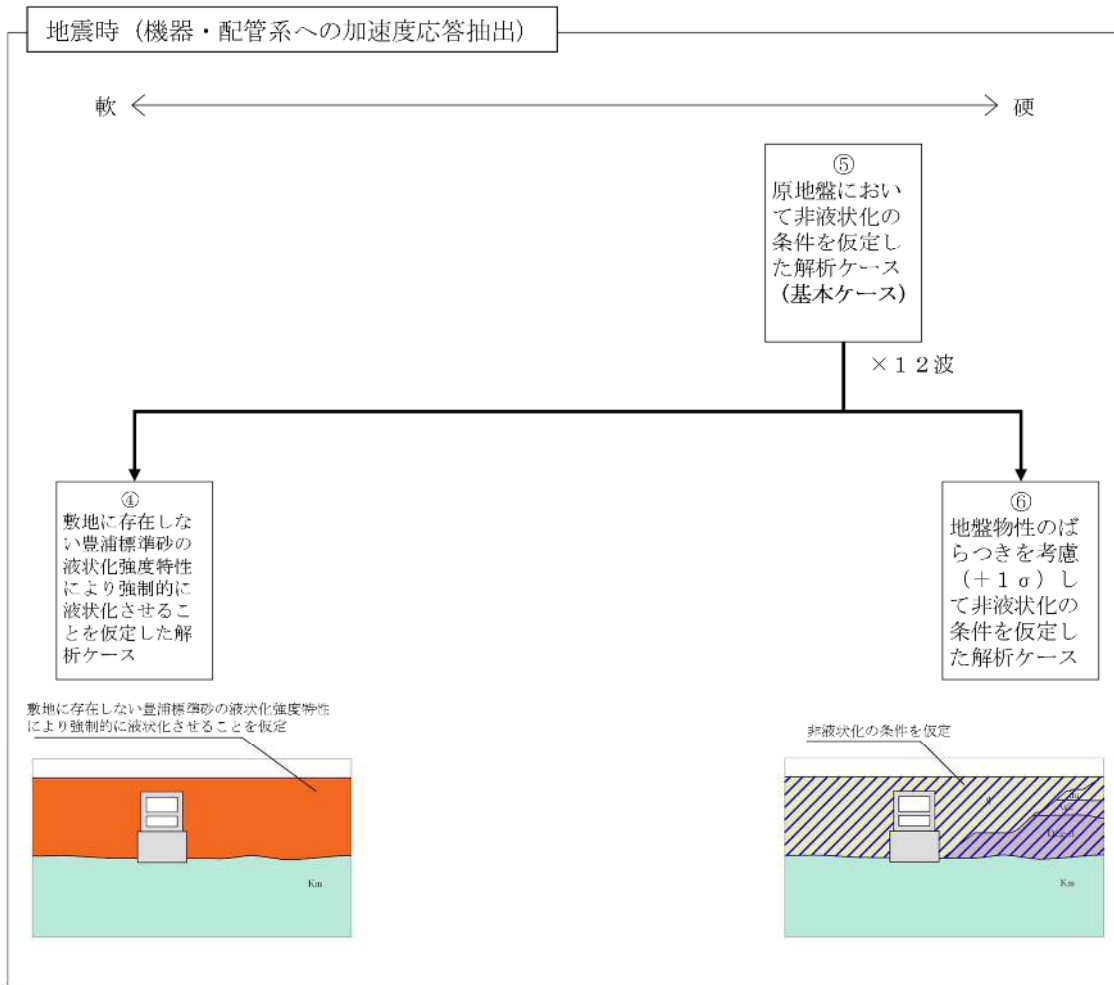


図1 土木構造物の床応答スペクトル作成ケース  
 (補足説明資料 図 1.5-4 「機器・配管系に対する加速度応答算定のための検討ケース」)



## 2.3 地盤

### (1) 設計用床応答曲線

地盤の地震応答解析モデルの諸元設定の考え方については、工事計画に係る補足説明資料「耐震性に関する説明書のうち補足-340-3【可搬型重大事故等対処設備の耐震性に関する説明書に関する補足説明資料】（以下「地盤の補足説明資料」という。）にて整理されている。設計用床応答曲線の作成は、「地盤の補足説明資料」に基づく、標準ケースを適用し、地盤物性は標準地盤を用いた地震応答解析結果を適用する。

### (2) 設備評価用床応答曲線（e. ケース）

(1) 項の標準ケースに加えて「地盤の補足説明資料」に基づく、地盤物性の変動による影響による影響（以下「ばらつきケース」という。）を考慮した床応答曲線を包絡した床応答曲線を、設備評価用床応答曲線として適用する。本設定に基づく、設備評価用床応答曲線のイメージを図7に示す。

### (3) 拡張考慮

設計用床応答曲線及び設備評価用床応答曲線については、地面上に直接、設備を配置することから「標準ケース」についても、拡張を考慮しない。

## 3. 設備評価用床応答曲線適用の妥当性について

設備評価用床応答曲線は、耐震計算の評価条件として設計用床応答曲線を加速度値として上回っている必要がある。以下では各建物・構築物及び土木構造物において、設備評価用床応答曲線設定の妥当性を説明する。

### 3.1 既設の建物・構築物

#### (1) 原子炉建屋

##### a. 設計用床応答曲線及びばらつきケースの床応答曲線を包絡した床応答曲線

設計用床応答曲線及びばらつきケースの床応答曲線を踏まえて設備評価用床応答曲線を作成しており問題ない。

##### b-1. 基本ケースの加速度に一律 1.5 倍した床応答曲線

補足説明資料「補足-400-3【地震応答解析における材料物性のばらつきに関する検討】」において、ばらつきケースの床応答スペクトルに対して一律 1.5 倍を配慮して設定した設備評価用床応答曲線が概ね包絡していることを確認した。

#### (2) 使用済燃料乾式貯蔵建屋

##### a. 設計用床応答曲線及びばらつきケースの床応答曲線を包絡した床応答曲線

設計用床応答曲線及びばらつきケースの床応答曲線を踏まえて設備評価用床応答曲線を作成しており問題ない。

##### b-1. 基本ケースの加速度に一律 1.5 倍した床応答曲線

適用設備はない。

(3) 主排気筒及び非常用ガス処理系配管支持架構

- a. 設計用床応答曲線及びばらつきケースの床応答曲線を包絡した床応答曲線  
設計用床応答曲線及びばらつきケースの床応答曲線を踏まえて設備評価用床応答曲線を作成しており問題ない。
- b-1. 基本ケースの加速度に一律 1.5 倍した床応答曲線  
適用設備はない。

3.2 既設の土木構造物

- (1) 取水構造物
- (2) 屋外二重管

3.3 新設の建物・構築物

- (1) 緊急時対策所建屋
- (2) 格納容器圧力逃がし装置格納槽

3.4 新設の土木構造物 (追而)

- (1) 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート
- (2) 常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備
- (3) 常設代替高圧電源装置用カルバート (カルバート部)
- (4) 常設代替高圧電源装置用カルバート (トンネル部)
- (5) 常設代替高圧電源装置用カルバート (立坑部)
- (6) 可搬型設備用軽油タンク基礎
- (7) 常設低圧代替注水系ポンプ室
- (8) 代替淡水貯槽
- (9) 常設低圧代替注水系配管カルバート
- (10) SA 用海水ピット
- (11) 緊急用海水ポンプピット
- (12) 防潮堤 (鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁)
- (13) 防潮堤 (鉄筋コンクリート防潮壁)
- (14) 防潮堤 (鉄筋コンクリート防潮壁 (放水路エリア))

3.5 新設の地盤

- (1) 可搬型重大事故等対処設備保管場所 (西側, 南側)
  - a. 設計用床応答曲線及びばらつきケースの床応答曲線を包絡した床応答曲線  
設計用床応答曲線及びばらつきケースの床応答曲線を踏まえて設備評価用床応答曲線を作成しており問題ない。

4. 機器・配管系の設備評価に用いる設備評価用床応答曲線  
各設備評価に用いる設備評価用床応答曲線を，表 2 に整理する。

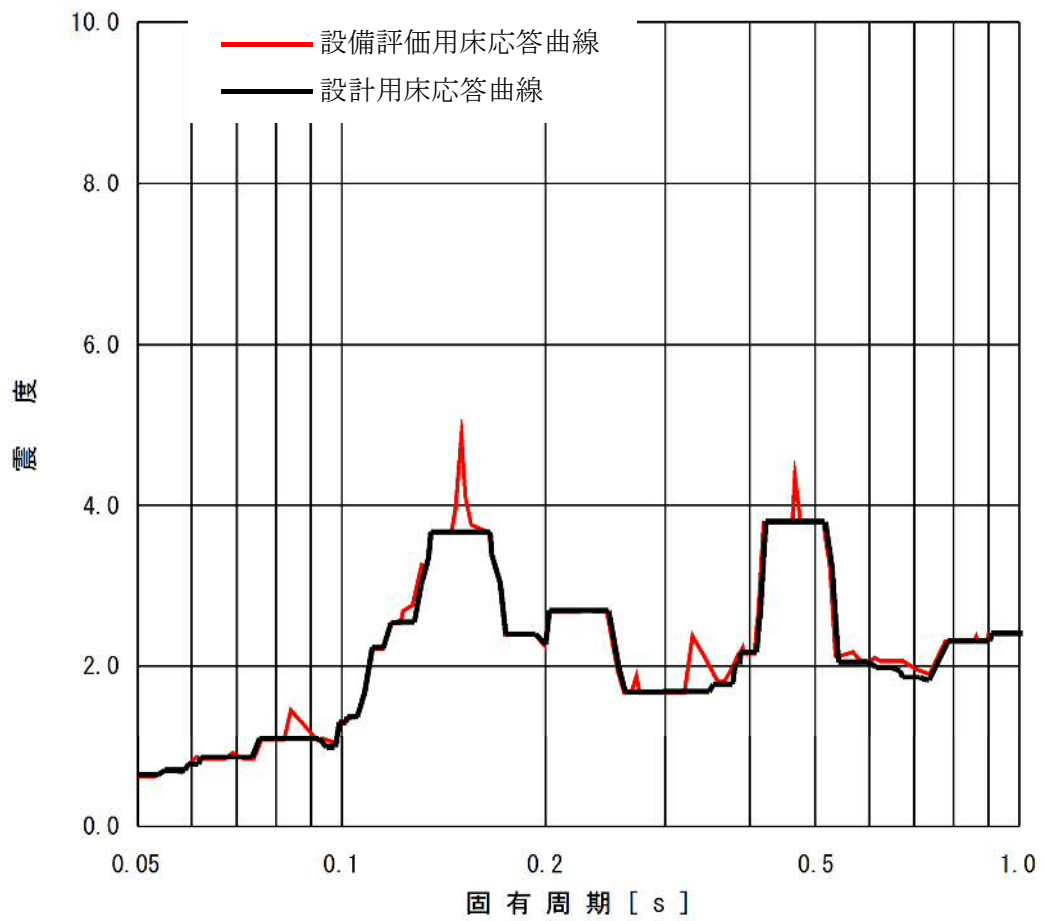


図2 設計用床応答曲線及びばらつきケースの床応答曲線を包絡した設備評価用床応答曲線 (a. ケースの例)

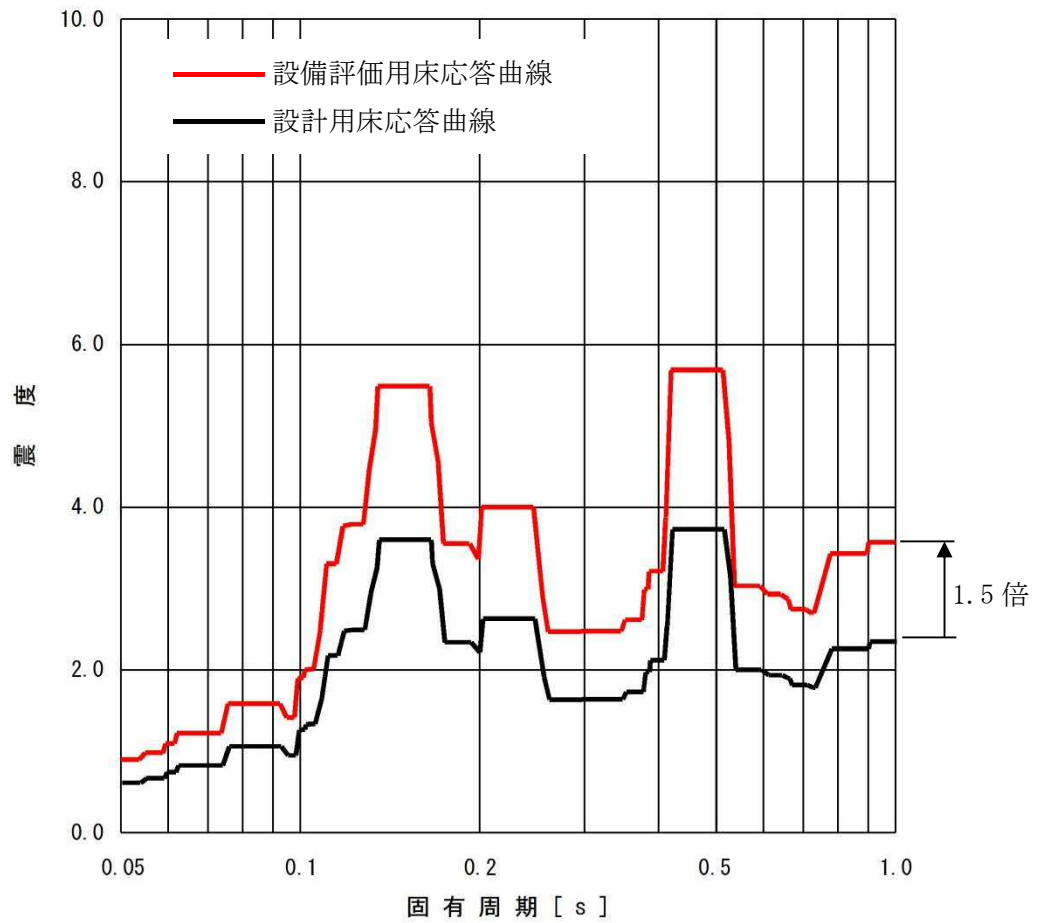


図3 設計用床応答曲線に一律1.5倍した設備評価用床応答曲線 (b-1 ケースの例)

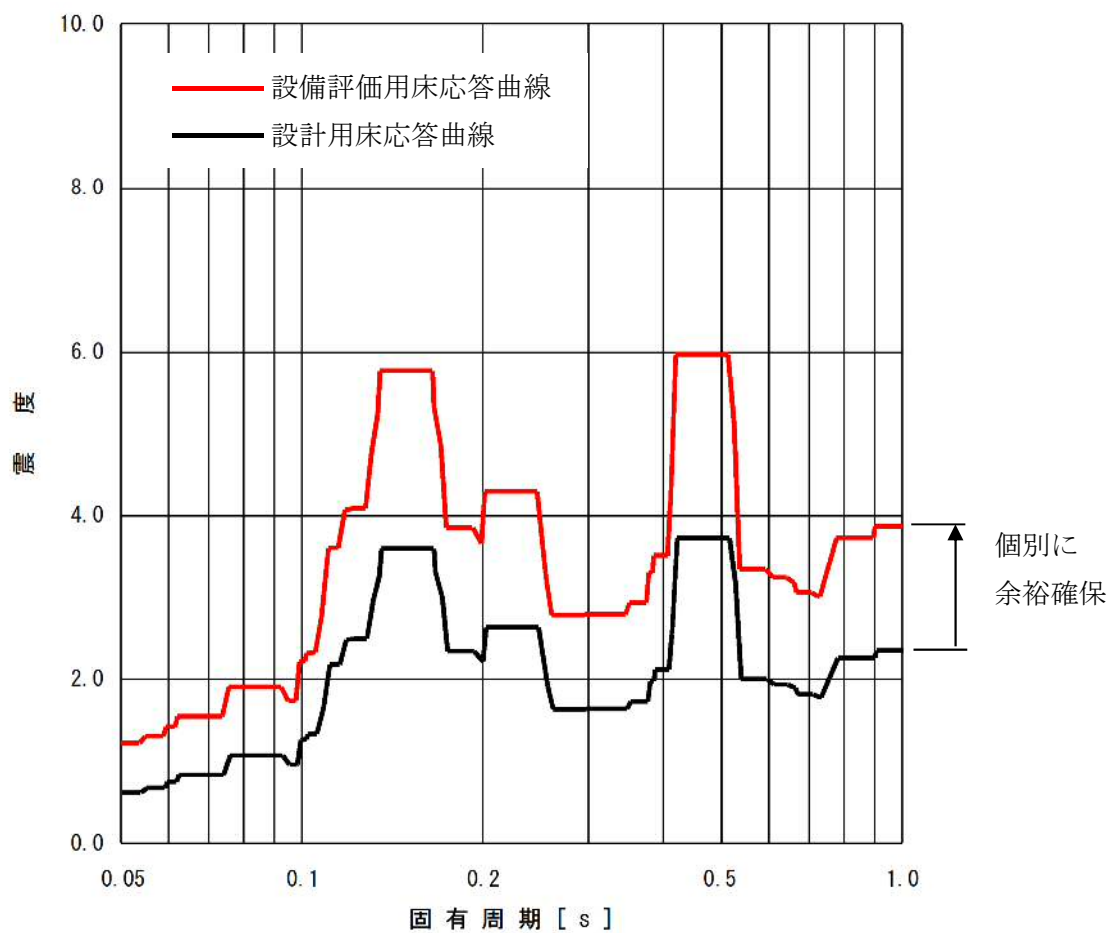


図4 設計用床応答曲線に個別に余裕を確保した設備評価用床応答曲線 (b-2 ケースの例)

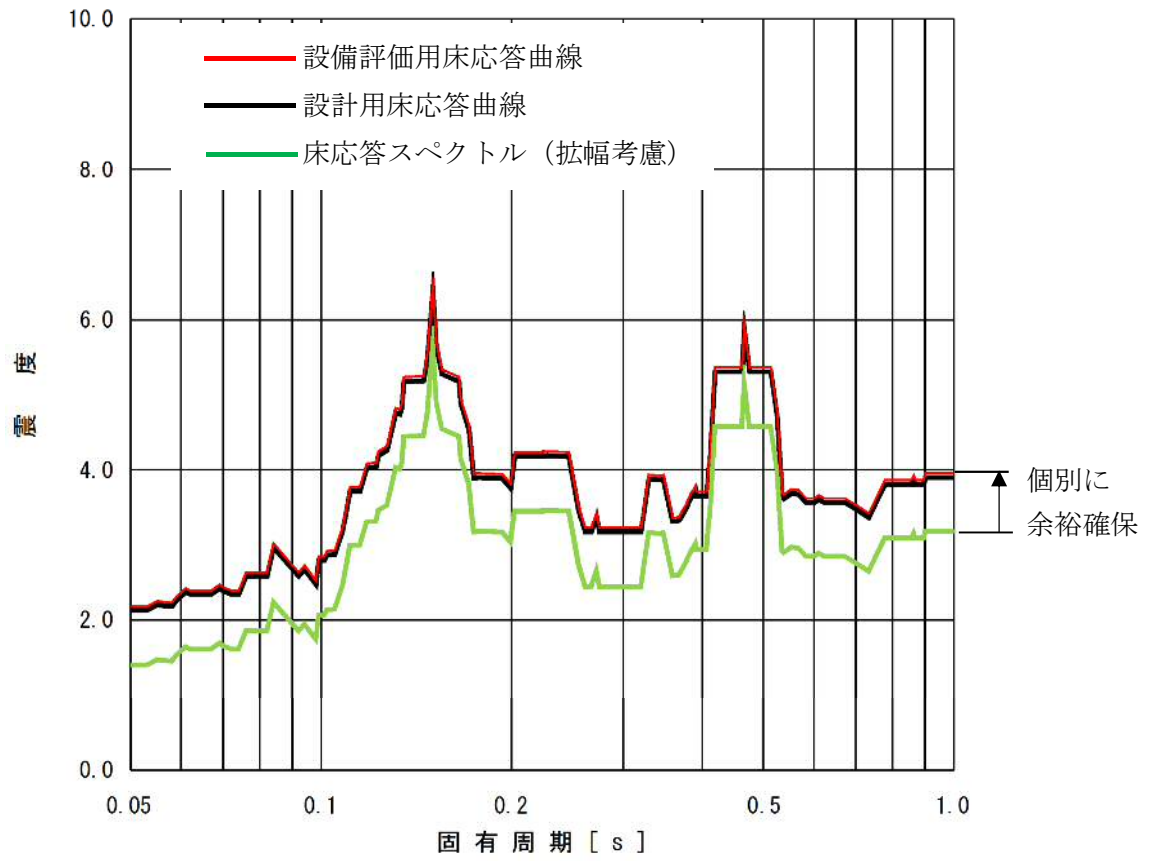


図5 余裕を確保した設備評価用床応答曲線 (c. ケースの例)

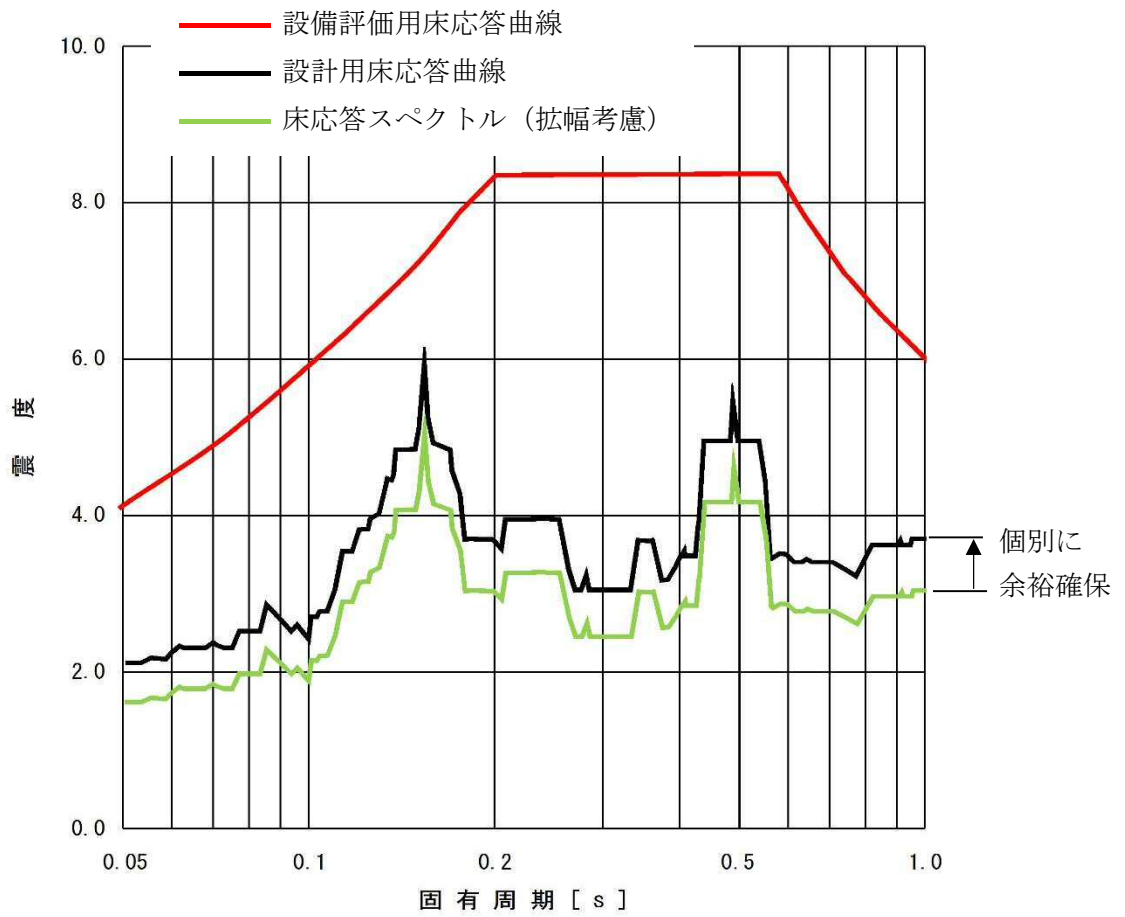


図6 床応答スペクトルを保守側に包絡できるように余裕を確保した  
設備評価用床応答曲線 (d. ケースの例)



施設名：可搬型重大事故等対処設備保管場所

方向：水平方向

波形名：Ss-D1, Ss-11, Ss-12, Ss-13, Ss-14, Ss-21, Ss-22, Ss-31

減衰：20 (%)

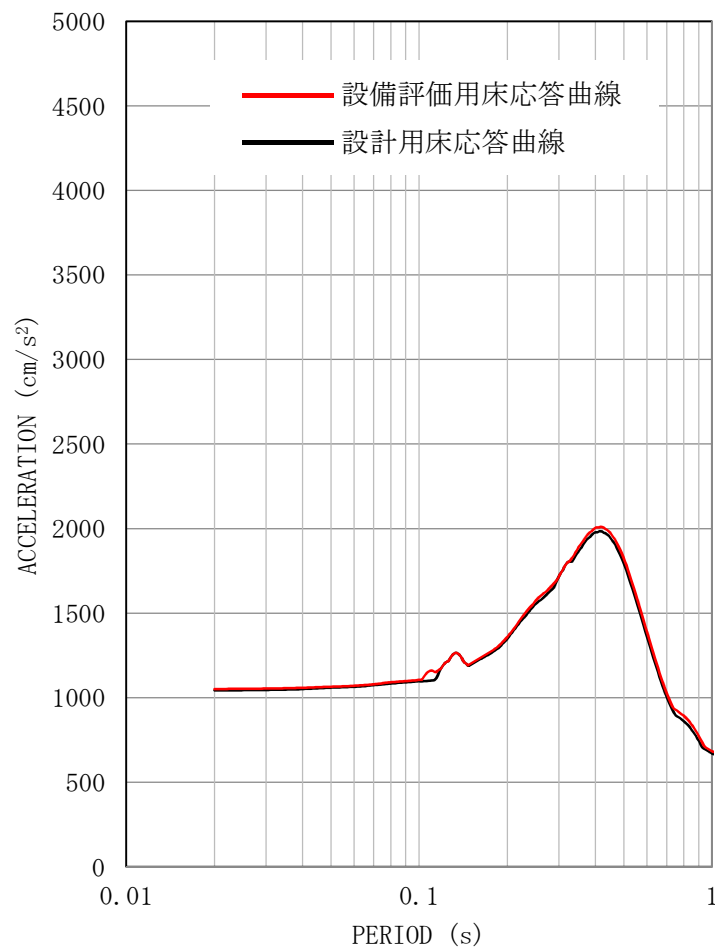


図4 設計用床応答曲線（拡幅なし）及びばらつきケース（拡幅なし）の床応答曲線を包絡した床応答曲線（e. ケースの例）

表1 床応答スペクトルの作成方法について

既設／ 新設	設備を設置する 施設区分	設備を設置する施設名称	設備の評価条件		
			設計用床応答曲線	設備評価用床応答曲線	拡張考慮の有無
既設	建物・構築物	原子炉建屋 (原子炉格納容器等を含む)	・コンクリート強度を設計基準強度、地盤物性のばらつきは標準地盤を基本ケースとして実施	以下、どちらかのケース a. 設計用床応答曲線及びばらつきケースの床応答曲線を包絡した床応答曲線 b-1. 基本ケースの加速度に一律 1.5 倍した床応答曲線	・基本ケースは有り ・ばらつきケースは無し
		使用済燃料乾式貯蔵建屋			
		主排気筒			
		非常用ガス処理系配管支持架構			
	土木構築物	取水構築物	・非液状化の条件を仮定した地震応答解析を基本ケースとして実施	以下、どちらかのケース c. ばらつきケースを含めた設計用床応答曲線を適用 d. 床応答スペクトルを保守側に包絡できるように余裕を確保した床応答曲線	・基本ケースは有り ・ばらつきケースは無し
		屋外二重管	・豊浦標準砂の液状化特性及び地盤物性のばらつき+1 $\sigma$ して非液状化条件を仮定した地震応答解析結果も含める		
新設	建物・構築物	緊急時対策所建屋	・コンクリート強度を設計基準強度、地盤物性のばらつきは標準地盤を基本ケースとして実施	以下、どちらかのケース a. 設計用床応答曲線及びばらつきケースの床応答曲線を包絡した床応答曲線 b-2. 設計用床応答曲線及びばらつきケースを保守側に包絡できるように余裕を確保した床応答曲線	・基本ケースは有り ・ばらつきケースは無し
		格納容器圧力逃がし装置格納槽			
	土木構築物	格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート	・非液状化の条件を仮定した地震応答解析を基本ケースとして実施 ・豊浦標準砂の液状化特性及び地盤物性のばらつき+1 $\sigma$ して非液状化条件を仮定した地震応答解析結果も含める	以下、どちらかのケース c. ばらつきケースを含めた設計用床応答曲線を適用 d. 床応答スペクトルを保守側に包絡できるように余裕を確保した床応答曲線	・基本ケースは有り ・ばらつきケースは無し
		常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備			
		常設代替高圧電源装置用カルバート(カルバート部)			
		常設代替高圧電源装置用カルバート(トンネル部)			
		常設代替高圧電源装置用カルバート(立坑部)			
		可搬型設備用軽油タンク基礎			
		常設低圧代替注水系ポンプ室			
		代替淡水貯槽			
		常設低圧代替注水系配管カルバート			
		SA用海水ピット			
		緊急用海水ポンプピット			
		防潮堤(鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁)			
		防潮堤(鉄筋コンクリート防潮壁)			
	防潮堤(鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア))				
地盤	可搬型重事故等対処設備保管場所(西側, 南側)	・地盤物性のばらつきは標準地盤を標準ケースとして実施	e. 設計用床応答曲線及びばらつきケースの床応答曲線を包絡した床応答曲線	・標準ケース, ばらつきケースともに無し	